

**COLOR LASER DISPLAY****Patent number:** JP2001264662**Publication date:** 2001-09-26**Inventor:** OKAZAKI YOJI**Applicant:** FUJI PHOTO FILM CO LTD**Classification:**

**- International:** G02B23/00; G02B26/08; G02B26/10; G03B21/00; G09F13/00; G09G3/34; H01S3/091; H01S3/094; H01S5/183; H01S5/323; G02B23/00; G02B26/08; G02B26/10; G03B21/00; G09F13/00; G09G3/34; H01S3/091; H01S3/094; H01S5/00; (IPC1-7); G02B26/10; H01S3/094; H01S5/183; H01S5/323

**- european:****Application number:** JP20000073234 20000316**Priority number(s):** JP20000073234 20000316**Also published as:**

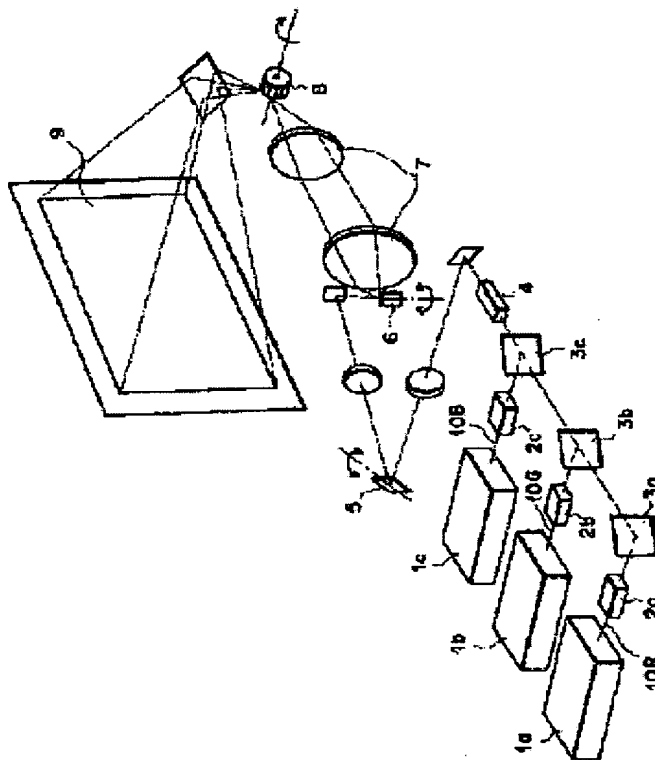
US6764183 (B2)

US2001022566 (A1)

**Report a data error here****Abstract of JP2001264662**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize the miniaturization, making high powerfull, and making noiseless in a color laser display.

**SOLUTION:** The color laser display is provided with a red laser light source 1a to emit a red laser beam 10R, a green laser light source 1b to emit a green laser beam 10G, a blue laser light source 1c to emit a blue laser beam 10B, a modulation means 2a, 2b, and 2c to modulate the laser beams 10R, 10G and 10B of each color based on each color picture signal, a screen 9 to display each color and a means 6 and 8 to make the laser beams 10R, 10G, and 10B of each color scan in the shape of a two dimensional on the screen 9. A fiber laser having configuration to excit fiber with a core to which Pr3+ is added by a GaN base semiconductor laser is used as at least one among the red laser light source 1a, the green laser light source 1b and the blue laser light source 1c.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-264662

(P2001-264662A)

(43)公開日 平成13年9月26日(2001.9.26)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 2 B 26/10		G 0 2 B 26/10	C 2 H 0 4 5
H 0 1 S 3/094		H 0 1 S 5/183	B 5 F 0 7 2
5/183		5/323	5 F 0 7 3
5/323		3/094	S
		審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 10 頁)	

(21)出願番号 特願2000-73234(P2000-73234)

(22)出願日 平成12年3月16日(2000.3.16)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

Fターム(参考) 2H045 AA01 BA24 BA32 DA12 DA15

5F072 AB07 AK06 JJ01 JJ04 KK05

KK15 MM03 PP07 RR03 YY20

5F073 AA13 AA74 AB17 AB28 BA09

CA07 CA14 CB02 DA05 DA22

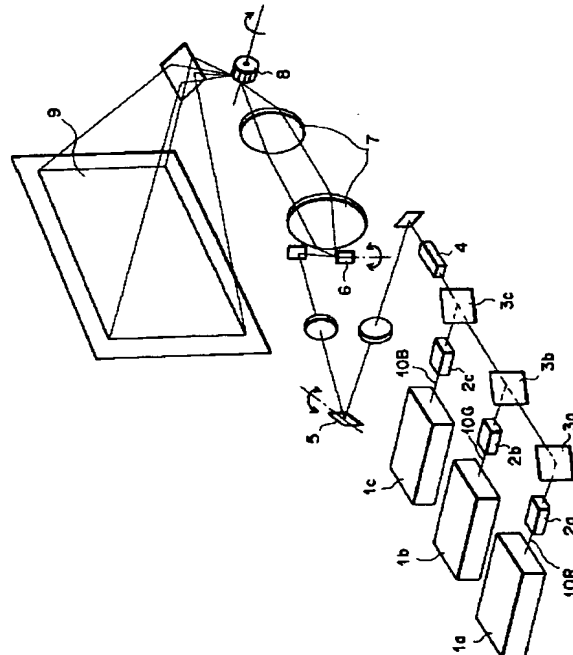
EA05 EA24 EA27 FA25

(54)【発明の名称】 カラーレーザーディスプレイ

(57)【要約】

【課題】カラーレーザーディスプレイにおいて、小型化、高出力化、低ノイズ化を実現する。

【解決手段】 赤色レーザー光10Rを発する赤色レーザー光源1aと、緑色レーザー光10Gを発する緑色レーザー光源1bと、青色レーザー光10Bを発する青色レーザー光源1cと、各色レーザー光10R、10G、10Bを各色画像信号に基づいて変調する変調手段2a、2b、2cと、各色を表示するスクリーン9と、各色レーザー光10R、10G、10Bをスクリーン9上において2次元状に走査させる手段6および8とを備えてなるカラーレーザーディスプレイにおいて、赤色レーザー光源1a、緑色レーザー光源1bおよび青色レーザー光源1cのうちの少なくとも1つとして、P<sub>r</sub><sup>3+</sup>が添加されたコアを持つファイバーをGa<sub>x</sub>N系半導体レーザーによって励起する構成を有するファイバーレーザーを用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 赤色レーザ光を発する赤色レーザ光源と、  
 緑色レーザ光を発する緑色レーザ光源と、  
 青色レーザ光を発する青色レーザ光源と、  
 前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を  
 各色画像信号に基づいて変調する変調手段と、  
 前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を  
 受けて各色を表示するスクリーンと、  
 前記各色レーザ光による像を前記スクリーン上に投影する  
 手段とを備えてなるカラーレーザディスプレイにおいて、  
 前記赤色レーザ光源、緑色レーザ光源および青色レーザ  
 光源のうちの少なくとも1つとして、 $\text{Pr}^{3+}$  が添加さ  
 れた固体レーザ結晶をGa N系半導体レーザによって励  
 起する構成を有する半導体レーザ励起固体レーザが用い  
 られたことを特徴とするカラーレーザディスプレイ。  
 【請求項2】 前記半導体レーザ励起固体レーザが、  
 $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{F}_2$  もしくは  $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_5$  の  
 遷移によって600～660 nmの波長領域のレーザ光を  
 発振させるものであり、この半導体レーザ励起固体レー  
 ザが前記赤色レーザ光源として用いられていることを特  
 徴とする請求項1記載のカラーレーザディスプレイ。  
 【請求項3】 前記半導体レーザ励起固体レーザが、  
 $^3\text{P}_1 \rightarrow ^3\text{H}_5$  の遷移によって515～555 nmの  
 波長領域のレーザ光を発振させるものであり、この半導  
 体レーザ励起固体レーザが前記緑色レーザ光源として用  
 いられていることを特徴とする請求項1または2記載の  
 カラーレーザディスプレイ。  
 【請求項4】 前記半導体レーザ励起固体レーザが、  
 $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_4$  の遷移によって465～495 nmの  
 波長領域のレーザ光を発振させるものであり、この半導  
 体レーザ励起固体レーザが前記青色レーザ光源として用  
 いられていることを特徴とする請求項1から3いずれか  
 1項記載のカラーレーザディスプレイ。  
 【請求項5】 赤色レーザ光を発する赤色レーザ光源  
 と、  
 緑色レーザ光を発する緑色レーザ光源と、  
 青色レーザ光を発する青色レーザ光源と、  
 前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を  
 各色画像信号に基づいて変調する変調手段と、  
 前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を  
 受けて各色を表示するスクリーンと、  
 前記各色レーザ光による像を前記スクリーン上に投影す  
 る手段とを備えてなるカラーレーザディスプレイにおい  
 て、  
 前記赤色レーザ光源、緑色レーザ光源および青色レーザ  
 光源のうちの少なくとも1つとして、 $\text{Pr}^{3+}$  が添加さ  
 れたコアを持つファイバーをGa N系半導体レーザによ  
 って励起する構成を有するファイバーレーザが用いられ

たことを特徴とするカラーレーザディスプレイ。

【請求項6】 前記ファイバーレーザが、 $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{F}_2$  もしくは  $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_5$  の遷移によ  
 って600～660 nmの波長領域のレーザ光を発振させるも  
 のであり、このファイバーレーザが前記赤色レーザ光源  
 として用いられていることを特徴とする請求項5記載の  
 カラーレーザディスプレイ。

【請求項7】 前記ファイバーレーザが、 $^3\text{P}_1 \rightarrow ^3\text{H}_5$  の遷移によ  
 って515～555 nmの波長領域の  
 レーザ光を発振させるものであり、このファイバーレー  
 ザが前記緑色レーザ光源として用いられていることを特  
 徴とする請求項5または6記載のカラーレーザディスプ  
 レイ。

【請求項8】 前記ファイバーレーザが、 $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_4$  の遷移によ  
 って465～495 nmの波長領域の  
 レーザ光を発振させるものであり、このファイバーレー  
 ザが前記青色レーザ光源として用いられていることを特  
 徴とする請求項5から7いずれか1項記載のカラーレー  
 ザディスプレイ。

【請求項9】 赤色レーザ光を発する赤色レーザ光源  
 と、  
 緑色レーザ光を発する緑色レーザ光源と、  
 青色レーザ光を発する青色レーザ光源と、  
 前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を  
 各色画像信号に基づいて変調する変調手段と、  
 前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を  
 受けて各色を表示するスクリーンと、  
 前記各色レーザ光による像を前記スクリーン上に投影す  
 る手段とを備えてなるカラーレーザディスプレイにおい  
 て、  
 前記赤色レーザ光源、緑色レーザ光源および青色レーザ  
 光源のうちの少なくとも1つとして、Ga N系半導体を  
 活性層に用いた半導体レーザ素子からなる励起光源と、  
 該励起光源により励起されてレーザ発振する面発光型半  
 導体素子とを備えてなる半導体レーザ装置が用いられた  
 ことを特徴とするカラーレーザディスプレイ。

【請求項10】 前記半導体レーザ装置がInGaAl  
 PまたはInGaPからなる活性層を有する面発光型半  
 導体素子を備えたものであり、  
 この半導体レーザ装置が前記赤色レーザ光源として用い  
 られていることを特徴とする請求項9記載のカラーレー  
 ザディスプレイ。

【請求項11】 前記半導体レーザ装置がInGa Nから  
 なる活性層を有する面発光型半導体素子を備えたもの  
 であり、  
 この半導体レーザ装置が前記緑色レーザ光源および/ま  
 たは青色レーザ光源として用いられていることを特徴と  
 する請求項9または10記載のカラーレーザディスプレ  
 イ。

【請求項12】 前記半導体レーザ装置の面発光型半導

体素子が、GaN、GaNA<sub>s</sub>またはInGaNA<sub>s</sub>からなる活性層を有するものであることを特徴とする請求項9記載のカラーレーザディスプレイ。

【請求項13】 前記半導体レーザ装置の半導体レーザ素子が、InGa<sub>N</sub>、GaNA<sub>s</sub>またはInGaNA<sub>s</sub>からなる活性層を有するものであることを特徴とする請求項9から12いずれか1項記載のカラーレーザディスプレイ。

【請求項14】 前記半導体レーザ装置の半導体レーザ素子が、5μm以上のストライプ幅を有するものであることを特徴とする請求項9から13いずれか1項記載のカラーレーザディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スクリーンを3色レーザ光で走査する方式のカラーレーザディスプレイに関し、特に詳細には、レーザ光源として、Pr<sup>3+</sup>が添加された固体レーザ結晶を用いる半導体レーザ励起固体レーザや、Pr<sup>3+</sup>が添加されたコアを持つファイバーを用いるファイバーレーザや、さらにはGaN系半導体レーザ素子により面発光型半導体素子を励起する構成を有する半導体レーザ装置が用いられたカラーレーザディスプレイに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、赤色光、緑色光および青色光を受けて各色を表示するスクリーンを、各色画像信号で変調されたレーザ光で走査してそこに画像を投影する方式のカラーレーザディスプレイや、レーザ光を空間変調素子により変調して得られる画像をプロジェクション光学系によってスクリーンに投影する方式のカラーレーザディスプレイが知られている。この種のカラーレーザディスプレイにおいては、高輝度化のために、出力がW（ワット）クラスのレーザ光源が必要とされている。そこで従来はレーザ光源として、高出力のAr<sup>+</sup>ガスレーザやKr<sup>+</sup>ガスレーザ等が使用されてきた。しかし、ガスレーザ光源は、一般にエネルギー変換効率が0.1%程度と低く、また水冷機構が必要であるため、装置が大型化し、コストが非常に高いという問題があった。

【0003】そこで近年、1997年12月発行のLaser Focus World p.52に示さるように、可視の短波長レーザ光源として半導体レーザ励起SHG（第2高調波発生）固体レーザが使用され始めた。例えば、発振波長が1064nmの半導体レーザ励起固体レーザを用いた532nmの緑色波長を発するYAGレーザでは、ガスレーザよりもエネルギー変換効率が高いものが得られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した半導体レーザ励起SHG固体レーザは高出力化に伴い、レーザ光に縦モード競合というノイズが発生することが知られている。例えば、1998年5月発行のLaser Focus Wor

ld p.243には、青色、緑色固体レーザではノイズが3%以下であるのに対し、赤色固体レーザでは50%ものノイズが発生するということが記載されている。

【0005】これらの縦モードを制御するために、例えばエタロンを波長選択素子として挿入することも考えられる。しかしそうした場合は、完全な単一モード発振を実現するにはロスが大きすぎ、その結果、高出力が得られなくなり、レーザディスプレイを高輝度化できないという問題が発生する。したがって、半導体レーザ励起SHG固体レーザをレーザディスプレイの光源に用いた場合、小型化という点では改善されるが、高効率化、性能およびコストの点で多くの問題点が残されている。

【0006】本発明は上記事情に鑑みて、小型化および高効率化が可能で、かつ低ノイズのカラーレーザディスプレイを提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による第1のカラーレーザディスプレイは、赤色レーザ光を発する赤色レーザ光源と、緑色レーザ光を発する緑色レーザ光源と、青色レーザ光を発する青色レーザ光源と、前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を各色画像信号に基づいて変調する変調手段と、前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を受けて各色を表示するスクリーンと、前記各色レーザ光による像を前記スクリーン上に投影する手段とを備えてなるカラーレーザディスプレイにおいて、前記赤色レーザ光源、緑色レーザ光源および青色レーザ光源のうちの少なくとも1つとして、Pr<sup>3+</sup>が添加された固体レーザ結晶をGaN系半導体レーザによって励起する構成を有する半導体レーザ励起固体レーザが用いられたことを特徴とするものである。

【0008】なお上記構成を有する第1のカラーレーザディスプレイにおいて、赤色レーザ光源としては、<sup>3</sup>P<sub>0</sub> → <sup>3</sup>F<sub>2</sub> もしくは <sup>3</sup>P<sub>0</sub> → <sup>3</sup>H<sub>6</sub> の遷移によって600～660nmの波長領域のレーザ光を発振させる半導体レーザ励起固体レーザを好適に用いることができる。

【0009】また緑色レーザ光源としては、<sup>3</sup>P<sub>1</sub> → <sup>3</sup>H<sub>5</sub> の遷移によって515～555nmの波長領域のレーザ光を発振させる半導体レーザ励起固体レーザを好適に用いることができる。

【0010】そして青色レーザ光源としては、<sup>3</sup>P<sub>0</sub> → <sup>3</sup>H<sub>4</sub> の遷移によって465～495nmの波長領域のレーザ光を発振させる半導体レーザ励起固体レーザを好適に用いることができる。

【0011】また本発明による第2のカラーレーザディスプレイは、赤色レーザ光を発する赤色レーザ光源と、緑色レーザ光を発する緑色レーザ光源と、青色レーザ光を発する青色レーザ光源と、前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を各色画像信号に基づいて変

調する変調手段と、前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を受けて各色を表示するスクリーンと、前記各色レーザ光による像を前記スクリーン上に投影する手段とを備えてなるカラーレーザディスプレイにおいて、前記赤色レーザ光源、緑色レーザ光源および青色レーザ光源のうちの少なくとも1つとして、 $\text{Pr}^{3+}$ が添加されたコアを持つファイバーをGa N系半導体レーザによって励起する構成を有するファイバーレーザが用いられたことを特徴とするものである。

【0012】上記構成を有する第2のカラーレーザディスプレイにおいて、赤色レーザ光源としては、 $^3\text{P} \rightarrow ^3\text{F}_2$  もしくは  $^3\text{P} \rightarrow ^3\text{H}_6$  の遷移によって600～660 nmの波長領域のレーザ光を発振させるファイバーレーザを好適に用いることができる。

【0013】また緑色レーザ光源としては、 $^3\text{P} \rightarrow ^3\text{H}_6$  の遷移によって515～555 nmの波長領域のレーザ光を発振させるファイバーレーザを好適に用いることができる。

【0014】そして青色レーザ光源としては、 $^3\text{P} \rightarrow ^3\text{H}_4$  の遷移によって465～495 nmの波長領域のレーザ光を発振させるファイバーレーザを好適に用いることができる。

【0015】また本発明による第3のカラーレーザディスプレイは、赤色レーザ光を発する赤色レーザ光源と、緑色レーザ光を発する緑色レーザ光源と、青色レーザ光を発する青色レーザ光源と、前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を各色画像信号に基づいて変調する変調手段と、前記赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を受けて各色を表示するスクリーンと、前記各色レーザ光による像を前記スクリーン上に投影する手段とを備えてなるカラーレーザディスプレイにおいて、前記赤色レーザ光源、緑色レーザ光源および青色レーザ光源のうちの少なくとも1つとして、Ga N系半導体を活性層に用いた半導体レーザ素子からなる励起光源と、該励起光源により励起されてレーザ発振する面発光型半導体素子とを備えてなる半導体レーザ装置が用いられたことを特徴とするものである。

【0016】上記構成を有する第3のカラーレーザディスプレイにおいて、赤色レーザ光源としては、InGaAlPまたはInGaPからなる活性層を有する面発光型半導体素子を備えた半導体レーザ装置を好適に用いることができる。

【0017】またこの第3のカラーレーザディスプレイにおいて、緑色レーザ光源や青色レーザ光源としては、InGa Nからなる活性層を有する面発光型半導体素子を備えた半導体レーザ装置を好適に用いることができる。

【0018】さらに上記半導体レーザ装置としては、Ga N、Ga NAsまたはInGa NAsからなる活性層を有する面発光型半導体素子を備えたものも好適に用

ることができる。

【0019】一方、上記半導体レーザ装置の励起光源である半導体レーザ素子としては、InGa N、Ga NAsまたはInGa NAsからなる活性層を有するものを好適に用いることができる。またこの半導体レーザ素子としては、5 μm以上のストライプ幅を有する、いわゆる幅広ストライプタイプのものを用いることが望ましい。

【0020】

【発明の効果】本発明のカラーレーザディスプレイは、 $\text{Pr}^{3+}$ が添加された固体レーザ結晶を用いる半導体レーザ励起固体レーザや、 $\text{Pr}^{3+}$ が添加されたコアを持つファイバーを用いるファイバーレーザや、さらにはGa N系半導体レーザ素子により面発光型半導体素子を励起する構成を有する半導体レーザ装置を赤色レーザ光源、緑色レーザ光源あるいは青色レーザ光源として用い、それらから発せられた赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光を各色画像信号に基づいて変調して、それらの光による像をスクリーン上に投影させる構成としたので、このスクリーンに上記各色画像信号が担持するカラー画像を表示することができる。

【0021】そして、赤色レーザ光源、緑色レーザ光源あるいは青色レーザ光源として用いる上述の半導体レーザ励起固体レーザ、ファイバーレーザおよび半導体レーザ装置は、従来装置で用いられているガスレーザのように水冷機構は必要ないため、本発明のカラーレーザディスプレイは従来装置と比べて十分な小型化が可能であり、部品点数が減ることによりコストダウンの効果も得られる。また、前述した半導体レーザ励起SHG固体レーザを光源として用いる場合と比較しても、光波長変換素子やエタロン等の縦モード制御素子を用いる必要が無い分、部品点数減によるコストダウンの効果が得られる。

【0022】また、上記半導体レーザ励起SHG固体レーザの光-光効率は一般に10～20%程度であるのに対し、本発明で用いている半導体レーザ励起固体レーザ、ファイバーレーザおよび半導体レーザ装置のそれは一般に30～50%程度に達するので、本発明によれば、半導体レーザ励起SHG固体レーザを光源として用いる従来装置と比べて高効率化も実現できる。

【0023】また、上述の半導体レーザ励起固体レーザ、ファイバーレーザおよび半導体レーザ装置は、半導体レーザ励起SHG固体レーザのように所望波長を得るために光波長変換素子を用いるものではないから、波長変換に伴う縦モード競合ノイズの発生を招くことなく、よって、ノイズ量を例えば1%未満程度に抑えることができる。

【0024】また本発明のカラーレーザディスプレイにおいて励起用に用いているGa N系半導体レーザは、その他のGa As系半導体レーザ等と比べるとCOD値

(端面破壊時の最大光出力)が非常に高いことから高出力化が可能である。それにより本発明のカラーレーザディスプレイにおいては、高輝度の画像を表示することができる。

【0025】それに加えて、特に本発明の第2のカラーレーザディスプレイで用いるファイバーレーザは、熱レンズ等の問題が無いことからより著しい高出力化が可能である。そこでこの第2のカラーレーザディスプレイにおいては、より高輝度の画像を表示することができる。

【0026】また本発明のカラーレーザディスプレイは、励起用のGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>系半導体レーザを直接変調して変調光を得ることができるという利点も有する。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態であるカラーレーザディスプレイを示すものである。

【0028】図示の通りこのカラーレーザディスプレイは、赤色レーザ光10Rを発する赤色レーザ光源1aと、緑色レーザ光10Gを発する緑色レーザ光源1bと、青色レーザ光10Bを発する青色レーザ光源1cと、赤色レーザ光10Rを赤色画像信号に基づいて変調する光変調器2aと、緑色レーザ光10Gを緑色画像信号に基づいて変調する光変調器2bと、青色レーザ光10Bを青色画像信号に基づいて変調する光変調器2cとを有している。

【0029】また、変調を受けた赤色レーザ光10Rはミラー3aで反射した後ダイクロイックミラー3bおよび3cを透過し、変調を受けた緑色レーザ光10Gはダイクロイックミラー3bで反射した後ダイクロイックミラー3cを透過し、そして変調を受けた青色レーザ光10Bはダイクロイックミラー3cで反射して、互いに1本のビームに合波されるようになっている。

【0030】これらの赤色レーザ光10R、緑色レーザ光10Gおよび青色レーザ光10Bは電気光学光偏向器4に通されてラスタのピッチむら補正を受けた後、ウォブリング用ガルバノメータ5でウォブリングを受け、ガルバノメータ6により垂直走査のために反射偏向される。次いで赤色レーザ光10R、緑色レーザ光10Gおよび青色レーザ光10Bはリレーレンズ7で伝達および集光され、回転多面鏡8により水平走査のために反射偏向される。

【0031】以上のように垂直走査用ガルバノメータ6および水平走査用回転多面鏡8により反射偏向された赤色レーザ光10R、緑色レーザ光10Gおよび青色レーザ光10Bは、スクリーン9上を2次的に走査する。スクリーン9は、適当な基材の表面に白色塗料や拡散材等を塗布あるいは混入させてなるものであり、赤色レーザ光10R、緑色レーザ光10Gおよび青色レーザ光10Bの照射を受けると、それぞれ赤色光、緑色光および青色光を拡散反射させる。

【0032】それぞれ赤色画像信号、緑色画像信号およ

び青色画像信号に基づいて変調されている赤色レーザ光10R、緑色レーザ光10Gおよび青色レーザ光10Bが上記スクリーン9上を2次的に走査することにより、このスクリーン9上に上記3つの画像信号が担持しているカラー画像が投影される。なおスクリーン9として、透過型のものを用いることも可能である。

【0033】なお本実施形態においては、各色レーザ光をスクリーン上で2次元走査させて画像を投影する方式を採用したが、各色レーザ光を液晶パネルやDMD(デジタル・マイクロミラー・デバイス)等の空間変調素子を用いて変調し、それによって得られる画像をプロジェクション光学系によってスクリーン上に投影する方式を採用してもよい。

【0034】次に、赤色レーザ光源1a、緑色レーザ光源1bおよび青色レーザ光源1cについて詳しく説明する。本実施形態においては、これらの光源として、Pr<sup>3+</sup>が添加されたコアを持つファイバーをGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>系半導体レーザによって励起する構成を有するファイバーレーザが用いられている。

【0035】図2は、これらのレーザ光源のうち、赤色レーザ光源1aとしてのファイバーレーザを示すものである。このファイバーレーザは、励起光としてのレーザ光110をそれぞれ発する2個の半導体レーザ111と、発散光であるレーザ光110をそれぞれ平行光化する2個のコリメーターレンズ112と、2本のレーザ光110を偏光合波する偏光ビームスプリッター113と、この偏光ビームスプリッター113で1本に合波されたレーザ光110を集光する集光レンズ114と、Pr<sup>3+</sup>がドープされたコアを持つファイバー115とからなる。

【0036】半導体レーザ111としては、発振波長440nmのブロードエリア型高出力InGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>系半導体レーザが用いられている。本例における半導体レーザ111の各々の出力は2Wであり、したがって合波されたレーザ光110は出力4Wとなる。

【0037】またファイバー115は図3に断面形状を示すように、断面正円形のコア120と、その外側に配された断面ほぼ矩形の第1クラッド121と、その外側に配された断面正円形の第2クラッド122とからなる。コア120はPr<sup>3+</sup>が例えば0.2%ドープされたZr系弗化物ガラス、例えばZBLANP(ZrF<sub>4</sub>-BaF<sub>2</sub>-LaF<sub>3</sub>-AlF<sub>3</sub>-AlF<sub>3</sub>-NaF-PbF<sub>2</sub>)からなり、第1クラッド121は一例としてZBLAN(ZrF<sub>4</sub>-BaF<sub>2</sub>-LaF<sub>3</sub>-AlF<sub>3</sub>-NaF)からなり、第2クラッド122は一例としてポリマーからなる。

【0038】なおコア120は上記ZBLANPに限らず、石英ガラスや、ZBLANや、In/Ga系弗化物ガラス、例えばIGPZCLすなわち(InF<sub>3</sub>-GaF<sub>3</sub>-LaF<sub>3</sub>)-(PbF<sub>2</sub>-ZnF<sub>2</sub>)-CdF等を用いて形成されてもよい。

【0039】集光レンズ114により集光された波長440nm

mのレーザ光110は、上記ファイバー115の第1クラッド121に入力され、そこを導波モードで伝搬する。つまりこの第1クラッド121は、励起光であるレーザ光110に対してはコアとして作用する。

【0040】レーザ光110は、このように伝搬する間にコア120の部分も通過する。コア120においては、入射したレーザ光110により $P_r^{3+}$ が励起されて、 $^3P_0 \rightarrow ^3F_2$ の遷移によって650nmの蛍光が生じる。この蛍光はコア120を導波モードで伝搬する。

【0041】ZBLANPからなるコア120においては、その他に、 $^3P_1 \rightarrow ^3H_2$ の遷移によって波長520nmの蛍光、 $^3P_0 \rightarrow ^3F_2$ の遷移によって波長605nmの蛍光、 $^3P_0 \rightarrow ^3H_4$ の遷移によって波長491nmの蛍光が発生し得る。

【0042】そこで、ファイバー115の入射端面115aには、波長650nmに対してHR（高反射）、波長520nm、605nm、491nm並びに励起光波長440nmに対してAR（無反射）となる特性のコートが施され、ファイバー115の出射端面115bには、波長650nmの光を1%だけ透過させるコートが施されている。

【0043】それにより、上記波長650nmの蛍光はファイバー115の両端面115a、115b間で共振して、レーザ発振を引き起こす。こうして波長650nmの赤色レーザ光10Rが発生し、この赤色レーザ光10Rがファイバー115の出射端面115bから前方に出射する。

【0044】なお本例では、赤色レーザ光10Rはコア120においてシングルモードで、一方励起光であるレーザ光110は第1クラッド121においてマルチモードで伝搬する構成とされている。それにより、高出力のブロードエリア型半導体レーザ111を励起光源に適用して、レーザ光110を高い結合効率でファイバー115に入力させることが可能となっている。

【0045】それに加えて、第1クラッド121の断面形状がほぼ矩形とされているため、レーザ光110がクラッド断面内で不規則な反射経路を辿り、コア120に入射する確率が高められている。

【0046】以上により、高い発振効率が確保され、高出力の赤色レーザ光10Rが得られるようになる。本実施形態では、赤色レーザ光10Rの出力は2Wである。

【0047】次に緑色レーザ光源1bについて説明する。この緑色レーザ光源1bは、上記赤色レーザ光源1aとほぼ等しい基本構成を有し、上記ファイバー115の両端面のコートを変えた形のファイバーを用いることにより、そこから波長520nmの緑色レーザ光10Gを射出するものである。励起光源としては上記と同様に発振波長440nm、出力2Wのブロードエリア型高出力InGa

【0048】次に青色レーザ光源1cについて説明す

る。この青色レーザ光源1cも、上記赤色レーザ光源1aとほぼ等しい基本構成を有し、上記ファイバー115の両端面のコートを変えた形のファイバーを用いることにより、そこから波長491nmの青色レーザ光10Bを射出するものである。

【0049】ただしこの場合の励起光源としては、青色レーザ光の発振の効率が低いことから、上記と同様に発振波長440nm、出力2Wのブロードエリア型高出力InGa

【0050】図4は、上記2つの偏光合波ユニットを組み合わせた構成を示している。図示の通り本例では、各偏光合波ユニット130を略Y字状のファイバー131の分岐側に結合し、該ファイバー131から出射した発散光状態のレーザ光110をコリメーターレンズ132で平行光化した後、集光レンズ133で集光してファイバー115に入力させている。

【0051】なお、この第1の実施形態におけるようにファイバーレーザを用いる場合は、そこから発せられる赤色レーザ光10R、緑色レーザ光10Gあるいは青色レーザ光10Bが縦マルチモードのものとなるので、場合によっては、図1に示したウォブリング用ガルバノメータ5は省いてもよい。

【0052】また、ピッチむら補正を行なう電気光学光偏向器4の代わりに、シリンドリカルレンズを用いた面倒れ補正光学系を用いてもよい。一方光変調器2a、2bおよび2cとしては、例えばAOM（音響光学光変調器）またはEOM（電気光学光変調器）を用いることができる。

【0053】次に、本発明の第2の実施形態によるカラーレーザディスプレイについて説明する。この第2の実施の形態のカラーレーザディスプレイは、図1に示した構成と比較すると、ファイバーレーザからなる赤色レーザ光源1a、緑色レーザ光源1bおよび青色レーザ光源1cに代えて、それぞれ半導体レーザ素子により励起される面発光型半導体素子を備えてなる半導体レーザ装置が各色光源として用いられた点が異なるものである。

【0054】ここで、それらの半導体レーザ装置のうち、赤色レーザ光源としての半導体レーザ装置について、図5、6および7を参照して説明する。図5はこの半導体レーザ装置の全体構成を示すものである。また図6および7はそれぞれ、この半導体レーザ装置を構成する半導体レーザ素子74と、面発光型半導体素子39の断面形状を示している。

【0055】まず、励起用の半導体レーザ素子74について、図6を参照してその製造方法とともに説明する。有機金属気相成長法により、n-GaN(0001)基板61上にn-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>N/GaN超格子クラッド層62(0<z1<1)、nあるいはi-GaN光導波層

63、 $\text{In}_{1-x_2}\text{Ga}_{x_2}\text{N}$  (Siドープ) /  $\text{In}_{1-x_3}\text{Ga}_{x_3}\text{N}$  多重量子井戸活性層64 ( $0 < x_2 < x_3 < 0.5$ )、 $\text{p-Ga}_{1-x_5}\text{Al}_{x_5}\text{N}$  キャリアブロッキング層65 ( $0 < x_5 < 0.5$ )、 $\text{n}$ あるいは $\text{i-GaN}$  光導波層66、 $\text{p-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{N}$  /  $\text{GaN}$  超格子クラッド層67 ( $0 < x_1 < 1$ )、 $\text{p-GaN}$  コンタクト層68を形成する。

【0056】その上に絶縁膜69を形成し、通常のリソグラフィにより $100\mu\text{m}$ 程度のストライプの領域の絶縁膜69を除去し、 $\text{p}$ 側電極70を形成する。その後、基板の研

磨を行ない、 $\text{n}$ 側電極71を形成し、劈開により共振器を形成し、高反射コートと低反射コートを施し、チップ化すると半導体レーザ素子74が完成する。このブロードエ

リア型 $\text{InGaAs}$ 系半導体レーザ素子74の発振波長は $410\text{nm}$ 、出力は $2\text{W}$ である。

【0057】次に、面発光型半導体素子39について、図7を参照してその製造方法とともに説明する。ここで、後述の $\lambda$ は光励起により発振する波長であり、 $\text{n}$

$\text{InAlP}$ 、 $\text{InGaAlP}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$  はそれぞれ $\text{InAlP}$ 、 $\text{InGaAlP}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$  の発振波長での屈折率である。

【0058】有機金属気相成長法により、 $\text{GaAs}$  基板31上に、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_5}\text{Al}_{x_5})_{0.5}\text{P}$  クラッド層32、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_2}\text{Al}_{x_2})_{0.5}\text{P}$  下部光閉じ込め層33、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_3}\text{Al}_{x_3})_{0.5}\text{P}$  /  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_4}\text{Al}_{x_4})_{0.5}\text{P}$  多重量子井戸活性層34、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_2}\text{Al}_{x_2})_{0.5}\text{P}$  下部光閉じ込め層35、2ペアの $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$  (厚さが $\lambda/4n_{\text{InAlP}}$ ) /  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1})_{0.5}\text{P}$  (厚さが $\lambda/4n_{\text{InGaAlP}}$ ) 分布反射膜36 (本層は無くてもよい) を積層する。上記組成は $0 \leq x_4 < x_3 \leq 1$ 、 $x_4 < x_2 < x_5 \leq 1$ 、 $0 \leq x_3 < x_1 \leq x_2$  および  $x_3 < x_5 < 1$  を満たすものが望ましい。

【0059】その後、電子ビーム蒸着法等により12ペアの $\text{SiO}_2$  (厚さが $\lambda/4n_{\text{SiO}_2}$ ) /  $\text{ZrO}_2$  (厚さが $\lambda/4n_{\text{ZrO}_2}$ ) 分布反射膜37を積層する。その後基板の研磨を行ない、硫酸系エッチャントで発光領域の $\text{GaAs}$  基板31を除去する。このとき $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_5}\text{Al}_{x_5})_{0.5}\text{P}$  クラッド層32が露出して自動的にエッチングが停止する。その後、 $\text{ZrO}_2$  (厚さが $\lambda/4n_{\text{ZrO}_2}$ ) の無反射コート38を施し、劈開によりチップ化すると面発光型半導体素子39が完成する。

【0060】上記構成の面発光型半導体素子39の発振波長帯は、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x_4}\text{Al}_{x_4})_{0.5}\text{P}$  量子井戸活性層より、 $600\text{nm}$ 以上 $700\text{nm}$ 以下の範囲で制御可能であるが、本例では $650\text{nm}$ としている。

【0061】次に図5を参照して、上記面発光型半導体素子39および $\text{InGaAs}$ 系半導体レーザ素子74からなる

半導体レーザ装置について説明する。

【0062】この半導体レーザ装置は、励起光源74' と、ヒートシンク43に12ペアの $\text{SiO}_2$  (厚さが $\lambda/4n_{\text{SiO}_2}$ ) /  $\text{ZrO}_2$  (厚さが $\lambda/4n_{\text{ZrO}_2}$ ) 分布反射膜37側端面を接着された面発光型半導体素子39と、出力ミラーである凹面ミラー46と、凹面ミラー46の凹面と面発光型半導体素子39の分布反射膜37により構成される外部共振器49と、外部共振器49内に配されて偏光を制御するプリズム板45とを備えてなるものである。

【0063】なお励起光源74' は、図6に示した出力 $2\text{W}$ のブロードエリア型 $\text{InGaAs}$ 系半導体レーザ素子74を2個有するとともに、それらから各々発せられた励起用レーザ光を例えば図2に示したような偏光合波手段によって合波する構成を備えたものである。したがってこの励起光源74' の出力は $4\text{W}$ である。

【0064】励起光源74' から発せられた波長 $410\text{nm}$ の励起光47は、レンズ42により面発光型半導体素子39の半導体層内部に集光される。この励起光47により励起された面発光型半導体素子39が発する光は、外部共振器49により共振し、発振した波長 $650\text{nm}$ の赤色レーザ光48が出力ミラー46から出射する。この赤色レーザ光48は出力 $2\text{W}$ であり、第1の実施形態におけるのと同様に、スクリーン9 (図1参照) を2次元走査するのに利用される。

【0065】なお面発光型半導体素子39の $\text{GaAs}$  基板31は、波長 $410\text{nm}$ の励起光47に対して透明ではないので、面発光型半導体素子39は図5に示すように、サイドから励起される。

【0066】この第2の実施形態では、励起光源74' を構成する半導体レーザ素子74を直接変調することにより、第1の実施形態で用いられた外部光変調器2aは用いなくて済み、それにより低コスト化が可能となる。

【0067】次に、緑色レーザ光源および青色レーザ光源として用いられる半導体レーザ装置について、図8および9を参照して説明する。図8はこの半導体レーザ装置の全体構成を示すものである。また図9は、この半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子89の断面形状を示している。なおこの面発光型半導体素子89を励起する励起光源74' は、上に説明した赤色レーザ光源で用いられたものと同じものである。

【0068】以下、面発光型半導体素子について、図9を参照してその製造方法とともに説明する。ここで、後述の $\lambda$ は光励起により発振する波長であり、 $\text{nAlN}$ 、 $\text{nGaAs}$ 、 $\text{nSiO}_2$ 、 $\text{nZrO}_2$  はそれぞれ $\text{AlN}$ 、 $\text{GaAs}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$  の発振波長での屈折率である。

【0069】図9に示すように、有機金属気相成長法により、 $\text{GaN}$  (0001) 基板81上に $\text{Al}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{N}$  層82 ( $0 < x_4 < 0.5$ )、 $\text{GaN}$  光閉じ込め層8

10

20

30

40

50



3.  $\text{In}_{1-x} \text{Ga}_x \text{N} / \text{In}_{1-x} \text{Ga}_x \text{N}$  多重量子井戸活性層84 ( $0 < x < 0.5$ )、 $\text{GaN}$ 光閉じ込め層85、2ペアの $\text{AlN}$  (厚さが $\lambda / 4 n_{\text{AlN}}$ ) /  $\text{GaN}$  (厚さが $\lambda / 4 n_{\text{GaN}}$ ) 反射膜86を積層する。その後、電子ビーム蒸着法により、 $\text{SiO}_2$  (厚さが $\lambda / 4 n_{\text{SiO}_2}$ ) /  $\text{ZrO}_2$  (厚さが $\lambda / 4 n_{\text{ZrO}_2}$ ) 分布膜87を積層する。その後、基板の研磨を行ない、 $\text{ZrO}_2$  (厚さが $\lambda / 4 n_{\text{ZrO}_2}$ ) の無反射率コート88を施し、劈開によりチップ化すると面発光型半導体素子89が完成する。

【0070】なお、上記多重量子井戸活性層84の井戸数は、励起光を十分に吸収するため、20ペア以上、より好ましくは厚く積みすぎてクラックが生じない程度の24ペア程度が望ましい。

【0071】上記のようにして作成された面発光型半導体素子89の発振波長帯は、 $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{N}$  量子井戸活性層より、380nmから560nmの範囲で制御可能であるが、本例で緑色レーザ光源としては520nm、青色レーザ光源としては450nmとしている。

【0072】次に図8を参照して、上記面発光型半導体素子89および $\text{InGaN}$ 系半導体レーザ素子74からなる半導体レーザ装置について説明する。

【0073】図8(a)に示すようにこの半導体レーザ装置は、励起光源74' と、ヒートシンク106に $\text{GaN}$ 基板81とは反対側の分布反射膜87側を接着された面発光型半導体素子89と、出力ミラーである凹面ミラー105と、凹面ミラー105の凹面と面発光型半導体素子89の反射ミラー86および87により構成される共振器109と、共振器109内に配されて偏光を制御するブリュースター板104とを備えてなるものである。

【0074】出力4Wの励起光源74' から発せられた波長410nmの励起光107は、レンズ102により面発光型半導体素子89の半導体層内部に集光される。この励起光107により励起された面発光型半導体素子89が発する光は、共振器109により共振し、発振したレーザ光108が出力ミラー105から出射する。

【0075】レーザ光108として波長520nmの緑色レーザ光を得る構成の場合、その出力は1Wである。一方、レーザ光108として波長450nmの青色レーザ光を得る構成の場合、その出力は2Wである。この緑色あるいは青色のレーザ光108は、第1の実施形態におけるのと同様に、スクリーン9 (図1参照) を2次元走査するのに利用される。

【0076】この場合も、励起光源74' を構成する半導体レーザ素子74を直接変調することにより、第1の実施形態で用いられた外部光変調器2b、2cは用いなくて済み、それにより低コスト化が可能となる。

【0077】なお図8(b)に示すように、励起光源74' から射出された励起光107の入射角度は、戻り光抑制のために面発光型波長変換素子89に対して角度をつけて

入射させてもよい。

【0078】また面発光型半導体素子としては、以上説明したものに限らず、その他 $\text{GaN}$ 、 $\text{GaNA}$ sまたは $\text{InGaNA}$ sからなる活性層を有する面発光型半導体素子等も好適に用いることができる。一方励起光源となる半導体レーザ素子も以上説明したものに限らず、その他 $\text{GaNA}$ sまたは $\text{InGaNA}$ sからなる活性層を有する半導体レーザ素子等も好適に用いることができる。

【0079】次に、本発明のカラーレーザディスプレイに用いられ得る半導体レーザ励起固体レーザの例を、図10を参照して説明する。この半導体レーザ励起固体レーザは、励起光としてのレーザ光210を発する半導体レーザ211と、発散光であるレーザ光210を集光する集光レンズ212と、 $\text{Pr}^{3+}$  がドーピングされた固体レーザ媒質である $\text{LiYF}_4$  結晶 (以下、 $\text{Pr}^{3+} : \text{LiYF}_4$  結晶と称する) 213とを有している。

【0080】以上の各要素211~213はベルチェ素子214の上に固定されている。またこのベルチェ素子214上には温度検出用のサーミスタ215が固定され、このサーミスタ215の出力は図示しない温度調節回路に入力されるようになっている。そしてこの温度調節回路により、サーミスタ215の出力に基づいてベルチェ素子214が駆動され、半導体レーザ211、集光レンズ212および $\text{Pr}^{3+} : \text{LiYF}_4$  結晶213が所定温度に保たれる。

【0081】半導体レーザ211としては、発振波長440nmのブロードエリア型の $\text{InGaN}$ 系半導体レーザが用いられている。また $\text{Pr}^{3+} : \text{LiYF}_4$  結晶213の光入射面である後方端面213aには、後述する波長479nmの光を良好に反射させる (反射率99.9%以上) コーティングが施され、一方この結晶213の光出射面である前方端面213bには、波長479nmの光を1%だけ透過させて残余は反射させるコーティングが施されている。

【0082】 $\text{InGaN}$ 系半導体レーザ211から発せられた波長440nmのレーザ光210は、 $\text{Pr}^{3+} : \text{LiYF}_4$  結晶213の後方端面213aから該結晶213内に入射する。 $\text{Pr}^{3+} : \text{LiYF}_4$  結晶213は入射したこのレーザ光210によって $\text{Pr}^{3+}$  が励起され、 $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_4$  の遷移によって波長479nmの光を発する。この光は上記の通りのコーティングが施されている結晶端面213a、213bの間で共振し、レーザ発振を引き起こす。こうして発生した波長479nmの青色のレーザ光216は、 $\text{Pr}^{3+} : \text{LiYF}_4$  結晶213の前方端面213bから出射する。

【0083】以上、青色レーザ光を発生させる半導体レーザ励起固体レーザの例を説明したが、本発明ではこのような半導体レーザ励起固体レーザとして、 $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{F}_2$  もしくは  $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_5$  の遷移によって600~660nmの波長領域にある赤色レーザ光を発振させるものや、 $^3\text{P}_1 \rightarrow ^3\text{H}_5$  の遷移によ

15

て515 ～ 555 nmの波長領域の緑色レーザ光を発振させるものを用いることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるカラーレーザディスプレイの概略構成図

【図2】図1のカラーレーザディスプレイに用いられたファイバーレーザの概略側面図

【図3】上記ファイバーレーザを構成するファイバーの断面図

【図4】図1のカラーレーザディスプレイに用いられた別のファイバーレーザの概略側面図

【図5】本発明の第2の実施の形態によるカラーレーザディスプレイに用いられた半導体レーザ装置の概略構成図

【図6】図5の半導体レーザ装置を構成する半導体レーザ素子の概略断面図

【図7】図5の半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子の概略断面図

【図8】本発明の第2の実施の形態によるカラーレーザディスプレイに用いられる別の半導体レーザ装置の概略構成図

【図9】図8の半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子の概略断面図

【図10】本発明に用いられる半導体レーザ励起固体レーザの一例を示す概略側面図

【符号の説明】

- 1 a 赤色レーザ光源
- 1 b 緑色レーザ光源
- 1 c 青色レーザ光源

\* 2 a、2 b、2 c 光変調器

4 ビッチむら補正用電気光学光偏向器

5 ウォブリング用ガルバノメータ

6 垂直走査用ガルバノメータ

7 リレーレンズ

8 水平走査用回転多面鏡

9 スクリーン

10R 赤色レーザ光

10G 緑色レーザ光

10B 青色レーザ光

39 面発光型半導体素子

48 赤色レーザ光

74 半導体レーザ素子

74' 励起光源

89 面発光型半導体素子

108 緑色または青色レーザ光

110 励起用レーザ光

111 半導体レーザ

113 偏光ビームスプリッタ

20 115 ファイバー

120 コア

121 第1クラッド

122 第2クラッド

130 偏光合波ユニット

131 Y字状のファイバー

210 レーザ光

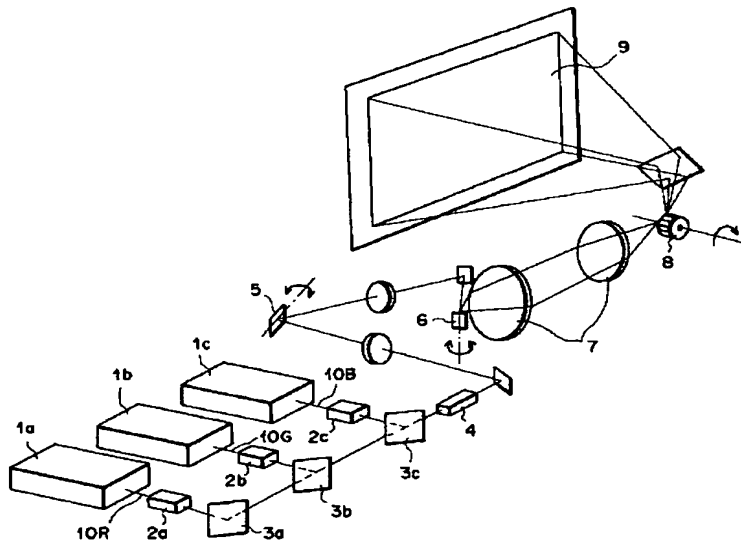
211 半導体レーザ

213  $\text{Pr}^{3+}:\text{LiYF}_4$  結晶

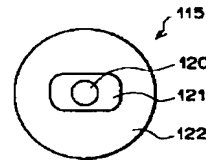
\* 216 青色レーザ光

16

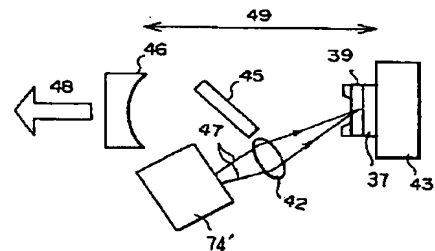
【図1】



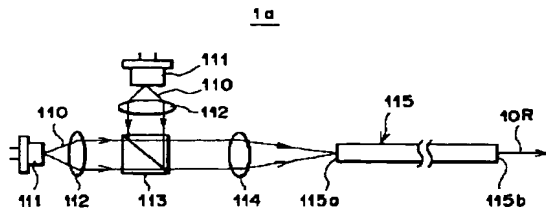
【図3】



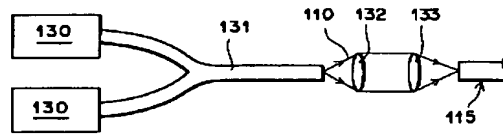
【図5】



【図2】

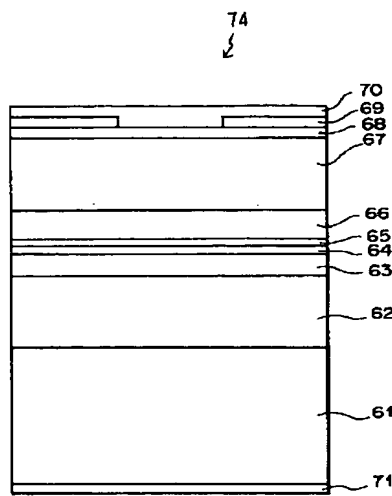


【図4】

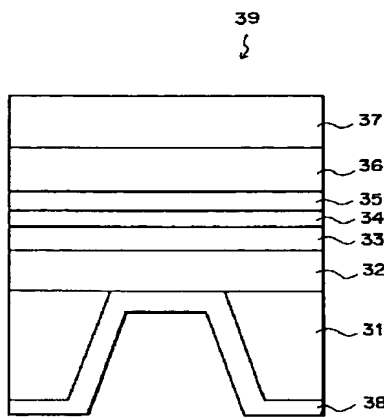


【図9】

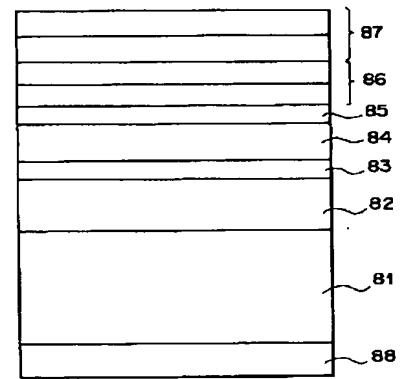
【図6】



【図7】



89



【図10】

【図8】

